

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ

**VYUŽITÍ POCÍTACOVÉ SIMULACE V  
LP**

Application computer simulation in plastic  
press room

**Liberec 2006**

**Petra Šrámková**

**Téma: Využití počítačové simulace pro tvorbu výrobního plánu v LP**

**Anotace:** (stručný výtah náplně, způsob řešení výsledku)

Práce podává informace o způsobech řízení výroby. Použitím simulace je ukázáno jak vytvářet výrobní plán na základe zakázek. Postup a model optimálního razení zakázek ve výrobě je vytvořen pomocí systému Simcron Modeller.

**Theme: Use computer simulation for creation production plan in plastic press room.**

Annotation: (Short summary of content, methods used and results.)

The work summaries information on methods of production control and using simulation in engineering company. Is assessed procedure determination optimal sorting job order in production by the help of simulation system Simcron Modeller.

## P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená *diplomová* práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou (*bakalářskou*) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Liberci, dne 20. 4. 2006

Podpis

## **Místopřísežné prohlášení**

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury, pod vedením vedoucího diplomové práce a svého konzultanta.

V Liberci dne 20.4.2006

podpis: .....

# 1 Obsah

1	Obsah	6
2	Seznam použitých zkratk	7
3	Úvod do problému	8
4	Současné trendy a pokročilé metody plánování a řízení výroby	10
4.1	Úvod	10
4.2	APS (Advanced Planning and Scheduling Systems)	11
4.3	APS/SCM	12
	SAP APO	12
4.4	MRP (Material Requirements Planning)	13
4.5	MRP II (Material and capacity resources planning)	14
4.6	OPT/TOC (Theory of constraints)	15
4.7	KANBAN	17
4.8	CONWIP	18
4.9	JIT (Just-In-Time)	19
5	Simulace	21
5.1	Úvod	21
5.1.1	Uzavřený model	21
5.1.2	Otevřený model	22
5.1.3	Heuristický přístup k modelování	22
5.2	Základní typy simulace	23
5.2.1	Diskrétní simulace	23
5.2.2	Spojitá simulace	23
5.2.3	Kombinovaná simulace	24
5.3	Hlavní prvky simulacího modelu výrobního systému	24
5.4	Proc použít simulaci	24
5.5	Využití simulace	25
5.6	Prehled a typy počítačových simulacních systému	27
5.6.1	Witness	27
5.6.2	Promodel	29
5.6.3	Quest	30
5.6.4	eM – Plant	31
5.6.5	Simcron Modeller 3.1	32
6	Simulace řízení zakázek na LP	37
6.1	ABB s.r.o.	37
6.2	Systém plánování	38
6.3	Zadání a stanovení požadavku	41
6.4	Popis problému	42
6.5	Popis řešení	42
6.6	Razení zakázek	43
6.7	Simulační experiment	44
6.7.1	Simulace pro tři stroje	44
6.7.2	Simulace pro lisovnu plastu	47
6.7.3	Porovnání současného a navrhovaného řízení zakázek	51
7	Záver	53
8	Seznam použité literatury	55

## 2 Seznam použitých zkratk

SAP	Systems Applications Products in Data processing (software pro plánování a řízení výroby a k evidenci dat)
ERP	Enterprise resources planning ( IS pro podporu plánování a řízení výroby)
RFC	Request for comments ( popis síťových protokolů)
APS	Advanced Planning and Scheduling Systems (systémy pro pokročilé plánování a rozvrhování)
MRP	Material Requirements Planning (plánování spotřeby materiálu)
BOM	Bill of materials (Plán materiálových požadavků)
MPS	Master production schedule (Hlavní plán výroby)
MRP II	Material and capacity resources planning ( plánování spotřeby a kapacity materiálu)
TOC	Theory of constraints (Teorie omezení)
KANBAN	Oznacení japonského systému dílenského řízení výroby
CONWIP	Constant Work In Process (konstantní rozpracovanost)
JIT	Just- In-Time ( právě v čas)
OPT	Optimised Production Technology (optimalizovaná technologie výroby)
IS	Informační systém
IT	Informační technologie
SCM	Supply Chain Management (řízení dodavatelských vztahů)

### 3 Úvod do problému

Nastavení SAP R/3 je velmi složité. Každá společnost má systém nastaven jinak . Některé firmy zavádějí jen určité moduly. V ABB SAP R/3 není přizpůsoben k rozvrhování výrobních zakázek podle lidské a strojní kapacity. Systém není schopen rozhodovat o dostupnosti materiálu, avšak zobrazuje informaci o urychlení dodávky a přetížení kapacit. Důsledek těchto problémů je narušení výrobních plánů, nedodržení termínu zakázek nebo naopak přetížení kapacity skladu.

Plánování a rozvrhování výroby, termínování a kapacitní plánování provádí mistr na základě svých zkušeností. Dále se koordinují vazby jednotlivých částí celého výrobního systému. Tyto aspekty vyžadují tvorivost a racionalizaci. Jelikož se tyto situace rychle mění, vede toto plánování k časté improvizaci a optimální řešení je velice zdánlivé.

Systém SAP používá k plánování principu ERP. ERP systém pro svou efektivní a kvalitní funkci potřebuje velmi přesně znát nejenom požadavky na materiál, dílce a příslušné operace, ale pokud možno i co nejpresnější časový okamžik, kdy má dojít k požadovanému úkonu. Tento fakt vede k situaci, že do podnikového informačního systému je data spíše potřeba vkládat, než aby je informační systém uživateli pomáhal vytvářet. Automatizace by měla nahradit rutinní lidskou práci.

K výberu optimálního řešení nám může pomoci sestavení simulacního modelu výrobního procesu. Struktura modelu umožňuje navrhnout komunikaci simulacního modelu s jednotlivými komponenty výrobního informačního systému tak, jak odpovídá skutečným výrobním podmínkám. Většinou se jedná o distribuovaný informační řídicí systém, ve kterém lze každému pracovišti nabídnout vhodné výstupy z prováděné simulace. Tvorba modelu představuje jednu z možností jak popsat chování i velmi složitých procesu. Ze

známých charakteristik procesu, lze vytvořit funkční simulací model, který se na zvolené úrovni chová stejně jako proces samotný.

Práce se zabývá možnostmi využití počítačové simulace při generování výrobních zakázek ve firmě ABB s.r.o. Elektro-Praga.



## **4 Současné trendy a pokročilé metody využívané při plánování a řízení výroby**

### **4.1 Úvod**

Cílem, a do značné míry úspěchem, moderního průmyslu je produkce velkých množství dobře zkonstruovaných, efektivních výrobků za ceny dostupné co největšímu počtu spotřebitelů.

Rozbor řízení výroby zdurazuje aspekty, které jsou důležité prakticky v každém prostředí - řízení lidských zdrojů, volba zařízení a technologií, řízení systémových toků, financování operací a kontrole využití kapitálu. Jsou probrány rovněž základní problémy plánování a kontroly.

Plánování a řízení výroby je logistická oblast, která je nejvíce závislá na konkrétní situaci výrobního podniku. Dynamika změn na nákupním i výrobním trhu spolu s neustálým rozvojem technologií vytváří takové požadavky na plánovací systémy, kterým v současnosti může vyhovět pouze úroveň tzv. „pokročilého plánování a rozvrhování „ (APS - Advanced Planning and Scheduling Systems)

Mezi nejnovější trendy v řízení a plánování výroby se řadí metody MRP II, APS a TOC. Principy těchto metod jsou zakomponovány do většiny informačních systémů sloužících k řízení výrobního procesu. V dnešním velmi silném konkurenčním boji je nezbytné, aby výroba byla co neefektivnější a její výstupy si udržely spotřebiteli požadovanou kvalitu. Informace o průběhu výroby jsou důležité pro její podrobné sledování. Současné informační systémy umožňují shromažďovat tyto informace a na jejich základě napomáhají plánování výroby. Každý z těchto informačních systémů je založen na některém z teoretických základů a ten se aplikuje na procesy vyskytující se ve výrobě.

Současné informační systémy využívají radu postupů a metod, jak řídit a plánovat výrobu. Obecnými cíli plánování a řízení ve

výrobe je: plánování materiálových požadavků, dodacích termínů a výrobních kapacit. Proto pro kvalitní řízení výrobního procesu je zapotřebí použít takový software, který je schopen tyto tři základní cíle splnit.

Metody plánování výroby většinou využívají určité modely výrobního procesu, kde se provádí optimalizace s cílem snížení nákladů při zachování co nejlepších výstupních parametrů.

V oblasti řízení výroby hraje důležitou roli nejčastěji výrobní zakázka, která plní úlohu výrobního příkazu. Nese informace o tom, co se bude vyrábět, v jakém množství, v jakých termínech, na jakých pracovištích, na základě jakých operací.

## **4.2 APS (Advanced Planning and Scheduling Systems)**

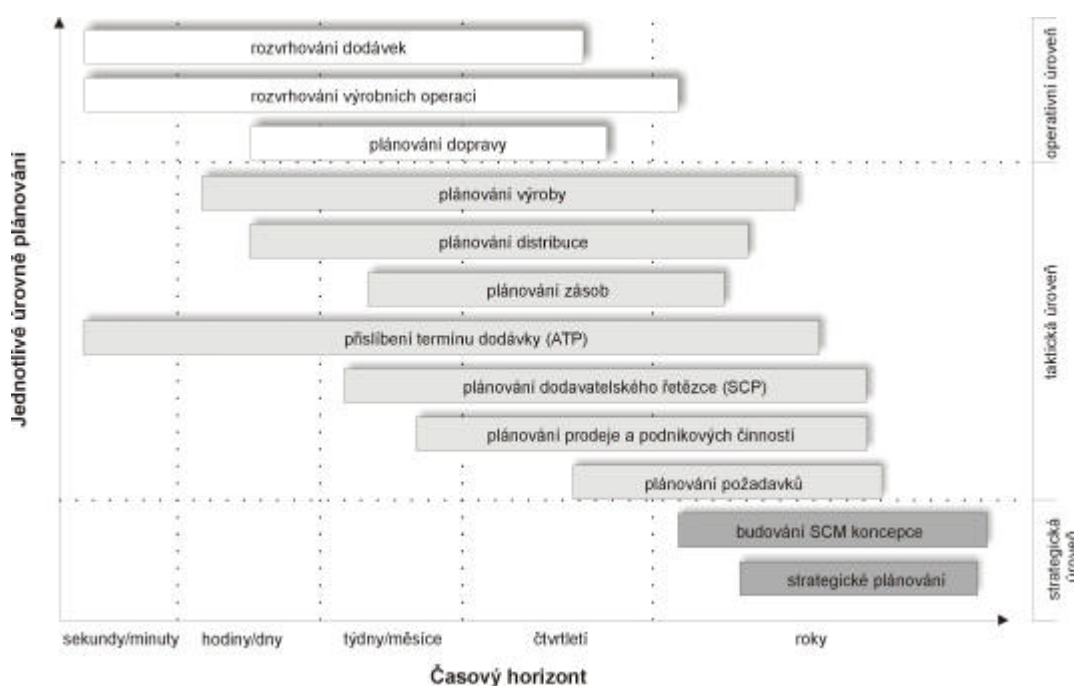
Podstatou pokročilých metod řízení a plánování je využívání alternativních řešení v použití daného materiálu či kapacity. Metoda na základě zákaznických objednávek, stavu zásob a kapacit vytvoří optimalizované řešení. V případě, že zjistí nedostatek materiálu, je schopna jej nahradit jiným i za cenu vyšších nákladů resp. prodloužení výrobního termínu. Totéž provádí se všemi dostupnými kapacitami. Systém reaguje velice rychle a nabízí plánovacím jednotlivé alternativy výrobních plánů.

APS systém optimalizuje řešení, tzn. vyvážené tak aby ze zdroje, které jsou k dispozici, bylo možno vytežit maximum.

Pokročilé metody řízení a plánování slouží ke kapacitnímu plánování výroby se zohledněním fyzické dostupnosti všech výrobních zdrojů (materiálu, přípravku, stroje, lidských kapacit apod.). Obsahují celou řadu optimalizačních nástrojů typu frekvence serizování, optimální řazení výrobních dávek.

### 4.3 APS/SCM

Systémy pro pokročilé plánování výroby a dodavatelských řetězců (APS/SCM) - slouží k plánování celého dodavatelského řetězce, a to jak v rámci jednoho subjektu, tak i v oblasti spolupráce více podnikatelských subjektů. Umožňují využití funkcí v oblasti poptávky, prodeje, řízení a současně stejně jako samotné APS i detailní plánování výroby.



obr.1- APS/SCM procesy ve vztahu k jednotlivým úrovním plánování  
[12]

#### SAP APO

- je nástroj SCM (řízení dodavatelských vztahů) pro pokročilé plánování, optimalizaci a rozvrhování výrobních i nevýrobních kapacit
- umožňuje modelovat a sledovat řetězce s globálním nadhledem a s dynamickými prvky

- poskytuje možnost koordinace kapacitního zatížení zdroje, lidských kapacit disponibilitu materiálových komponent v rámci celého retezce

Slouží ke zvýšení schopnosti včasných dodávek a snižování skladovacích zásob, a tím umožňuje zlepšení produktivity.

Charakteristika:

- Simultánní plánování materiálových kapacitních potřeb se zohledněním existujících omezení
- práce v reálném case
- Řízení pomocí hlášení výjimek – automatizovaný proces plánování
- Konzistentní plánovací model, úzká integrace s prováděcím systémem
- Pokročilé optimalizační algoritmy optimalizace plánu v souladu s obchodními cíli podniku
- Pametové rezidentní zpracování – rychlé plánování i s velkými objemy dat
- 

#### **4.4 MRP (Material Requirements Planning)**

Je to počítačový informační systém, vytvořený pro řízení zakázek a rozvrhování zásob svázaných s výrobou.

Rychlý rozvoj MRP začal transformací výrobního plánu, určeného vyráběným množstvím finálních výrobků, do konkrétních požadavků dílcích pracovišť. MRP stále rozepisuje a transformuje základní informace. Pomocí průběžných dob výroby určuje, kterým pracovištěm, kdy a kolik má ceho procházet.

MRP I se skládá ze tří složek počítačového systému, výrobních informačních systému zahrnující zásoby, výrobní plánování a administraci všech vstupů do výroby a koncepce řízení. Tento systém

řízení výroby a zásob se pokouší minimalizovat zásoby a současně zabezpečovat potřebné množství materiálu pro výrobní proces.

Prvotními vstupy do MRP je plán materiálových požadavků (Bill of materials-BOM), hlavní plán výroby (Master production schedule – MPS) a stav zásob (Inventory records).

Systém MRP nemá tendenci optimalizovat náklady na porízení materiálu. Vzhledem k tomu, že zásoby materiálu se udržují na minimální úrovni, je nutno materiály nakupovat častěji a v menších množstvích. To má za následek zvýšené objednávací náklady. Dochází ke zvyšování nákladu na přepravu a zvýšení nákladu. Další nevýhodou systému MRP je potenciální riziko zpomalení nebo výpadku výroby, které mohou nastat v případě např. nepředvídaných problémů s dodávkami a následného nedostatku některého materiálu. Existence pojistných zásob poskytuje výrobě jistou ochranu před vycerpáním důležitých materiálu. Pokud se pojistné zásoby neudržují, podnik tuto úroveň ochrany ztrácí.

Vstupní informace zpracovávají různé počítačové programy a určují vazby požadavků každého období plánovacího horizontu. Hlavní plán výroby bývá velmi často zpracován v týdenních periodách a horizontu několika měsíců (čtvrtletí). Délka časového horizontu se odvíjí od délky průběžné doby výroby výrobku. Délka plánovacích časových horizontů rovněž pramení z potřeb zákazníků.

## **4.5 MRP II (Material and capacity resources planning)**

Hlavním přínosem MRP II bylo propojení chodu výrobního systému s hlavními oblastmi řízení celého podniku. Težištěm MRP II je plánování materiálových požadavků. Činnost systému stále začíná agregací všech zakázek, souhrnem celkové poptávky. V dalších fázích práce s MRP II se vše postupně upřesňuje a flexibilně přizpůsobuje důležitým požadavkům a okolnostem například technickým, tak aby se zachovala původní koncepce.

Pokud existují přesná data umožňuje algoritmus tohoto systému naplánovat materiálové požadavky i kapacity pro požadované výrobky. V moderních ERP systémech jako je napr. SAP, může být MRP II propojeno s projektovým řízením. V tomto případě odpovídají jednotlivé výrobní struktury strukturovaným prvkům projektu. MRP II se pak může aplikovat napr. pro celý projekt, pro jednotlivé prvky projektu, pro vybrané položky, které leží na kritické cestě projektu a pro celou další škálu možností, kterou parametrizovaný SAP umožňuje.

MRP II je zabudováno v celé řadě celopodnikových informačních systémů, takže není nutné vynakládat další prostředky na jeho implementaci. Správné fungování MRP II závisí na přesnosti dat. Pokud budou nepřesná data, budou i nepřesné plánovací výstupy.

MRP II se hodí pro takové typy výrob, kde je větší pravděpodobnost údržby správy dat. A to jsou zcela jednoznačně všechny druhy opakovaných výrob. V případě sériové výroby s velkým počtem kusů jsou vstupní data po dlouhou dobu neměnná a to, co se mění, jsou pouze vnější parametry. Sériové výroby jsou pro MRP II vhodné i z dalšího důvodu. MRP II funguje v iteracích cyklech, tzn. že pokud pro zadaná vstupní data zpracovaná pomocí tohoto systému vyjde nerealizovatelná varianta, musí se vstupní

zadání opravit. U opakované výroby dochází postupem času k vyladení zmíněných problému.

## 4.6 OPT/TOC (Theory of constraints)

Systém OPT (Optimized Production Technology) je rozšířený hlavne v USA a jeho cílem je maximalizace toku výrobku výrobou, pri zohľadnení existujúcich skutočných výrobných kapacít. Úzká miesta v dílne (*bottlenecks*) predstavujú základ této koncepce. Tak jako se mení podmínky ve výrobě, tak se mohou dynamicky menit i úzká místa. Zmena složení výroby bude mít například za následek vznik nových úzkých míst. Odstranění jednoho úzkého místa způsobí vznik dalšího avšak na jiném místě a pod. Základem činnosti systému OPT je analýza úzkých míst v systému. Toto bývá vždy první krok činnosti při implementování tohoto systému, který může pracovat s úzkými místy různých řádů. Čím vyšší řád je uvažovaný, tím náročnější je použití systému OPT. Hlavním cílem je maximálně vytížit úzké místo, protože toto limituje kapacitu a výkon celého systému. Pracoviště, které nejsou úzkým místem, jsou vytežované tak, aby neomezovaly činnost úzkého místa (aby například nezpůsobovaly zbytečné mezioperační zásoby). Systém OPT přebírá údaje o objednávkách (druh, množství, termíny dodávek, výrobní postupy, výrobní zdroje a pod.) z nadřazeného systému plánování (obvykle MRP II).

Významnou výhodou systému OPT je, že uživatel může analyzovat úzká místa a tedy ještě před začátkem výroby může stanovit potřebné opatření (například upravit kapacity a pod.).

Východiskem tohoto systému je úvaha, že vznikající úzká místa mají podstatný vliv na průběh výroby. Identifikací a optimálním obsazením, resp. využitím úzkých kapacit, může být proto zajištěno zlepšení průmerného využití všech výrobních zařízení, snížení průběžných dob, jakož i snížení stavu pracovníku.

TOC tvrdí, že každý systém má alespon jedno omezení, které zabranuje systému dosáhnout vyšší stupen výkonnosti. Systémové omezení se nachází ve výrobních zdrojích (kapacita stroju, lidí atd.), nedostatku objednávek způsobujících nevyužití kapacity, čas dodávky je příliš dlouhý a zákazníci odcházejí.

Teorie omezení je kombinací filozofie, myšlenek, principu a nástroju s cílem maximalizovat výkonnost jakéhokoliv systému identifikováním, řízením a odstraněním omezujícího faktoru (omezení), který navíc brání v dosažení maximálního výkonu systému.

Základní nástroje TOC slouží k systematickému hledání logických odpovědí na otázky procesu a neustálého zlepšování. Aplikace těchto základních nástroju vznikly kombinací a využitím základních nástroju TOC.

## **4.7 KANBAN**

Zatímco systém řízení zakázek orientovaný na vytížení smeruje ke zlepšení provozu na úrovni centrálního řídicího systému, přičemž tok výroby zůstává nezmenen, vyzvedává japonský systém KANBAN zejména účinné utváření toku ve výrobě. KANBAN je japonský termín pro kartu nebo štítek.

Cílem není v první řadě vysoké využití kapacit, ale schopnost dodávat pohotově na pracoviště za účelem co největšího snížení vázanosti obrátového kapitálu. Použití se předpokládá zejména v podmínkách velkosériové až hromadné výroby organizované jako proudová výroba, neboť zde existuje nízký stupeň variant vztahu mezi pracovišti. Dalšími předpoklady je standardizace výrobního programu, vyrovnaní výrobního taktu atp.

Průběh systému KANBAN si lze představit takto: jestliže spotřebitelské místo (odebírající pracoviště) zaregistruje, že předem stanovená výše zásoby součásti dosahuje řídicí hladiny, nebo je dokonce pod ní, hlásí dodavatelskému (vyrábějícímu) pracovišti svoji



potrebu tak, že předá kartu KANBAN. Vyrábějící (dodávající) místo musí zajistit dodání v požadovaném množství a case. Materiál (součásti) se odesílá i s kartou KANBAN. Zvláštností proti tradičním způsobům je zde to, že řízení probíhá na základě aktuální potřeby a aktuální zásoby. Systém operativního řízení výroby jako centrální systém zůstává i při použití KANBAN.

Jako nezbytné informace je třeba u tohoto systému uvést výrobní jednotku, číslo dílu (materiálu), spotřebitelskou jednotku, množství kusu, eventuálně velikost dávky, okamžik odvedení. Nemusí být nutně použito karty či jiného dokladu, ale i jiných signálů, napr. optické, akustické, cárové kódy atd.

Použití je problematické i při sériové a proudové výrobě, pokud je zákaznický orientovaná. Zejména lze těžko vyhovět požadavkům poradi. Zde se ukazuje vhodnou kombinace decentralizovaného řízení metodou KANBAN s centrálním řízením přes příslušné řídicí stupně. Pak je zachován typický okruh rozhodování mezi jednotlivými pracovišti, ale navíc zde probíhá vazba mezi jednotlivými články systému (pracovišti) a centrálním řízením výrobního procesu. Jednotlivá pracoviště tak mohou být včas informována o budoucích zakázkách z hlediska druhu, množství a času. To ale znamená, aby všechna pracoviště hlásila centrálnímu řízení procesu zhotovení operací nebo částí zakázek. Pomocí soustavného porovnávání plánu a skutečnosti v rámci kontroly průběhu zakázky může centrální řízení výroby včas reagovat na poruchy v průběhu výroby.

## **4.8 CONWIP**

Využívá výhody systému KANBAN (tj. kratší průběžné doby a redukce zásob), ale je aplikovatelný na širší rozsah výrobních systému. CONWIP je zevšeobecněním principu KANBAN. Karta je vložena do kontejneru na začátku (vstupu) do výrobního systému a uvolněná na konci (po dohotovení), při výstupu z výrobního systému.

Ostatní činnosti a způsob řízení jsou analogické metode řízení KANBAN.

## 4.9 JIT (Just-In-Time)

Systém označovaný jako JIT (= právě včas) je různě chápán i hodnocen. Původní představa realizace tohoto systému je vytvoření takových vazeb mezi dodavatelem a odberatelem, aby u odberatele nevznikaly prakticky žádné zásoby. Dodavatel dodává přesně podle stanoveného harmonogramu materiál či díly v požadovaném množství a provedení tak, aby mohly být po provedené kontrole předávány přímo do výroby, např. na montáž. Známé jsou příklady z automobilového průmyslu, kdy z malého výrobce např. střeš k automobilu, sedacek do automobilu apod. se stává satelitní firma, v podstatě postupně plně závislá na firmě velké, kterou představuje odberatel. Na základě krátkodobě předávaných požadavků (v rozmezí okolo 24 hodin) zajišťuje dodavatelský podnik dodávky pro odberatele. Výhodou pro odberatele je minimalizace zásob, zvýšení obrátu kapitálu, pro dodavatele především jistota výrobního programu. Cena, kterou za tuto výhodu dodavatel platí, je přenesení břemena zásob od odberatele na něho. Není totiž myslitelné, aby při variabilních požadavcích odberatele mohl pracovat absolutně bez zásob polotovaru.

Ekonomicky objektivnější využití má proto tato metoda v následujícím dvojím pojetí či nasazení. Především je možno systém použít v rámci firmy mezi jednotlivými stupni výroby či mezi jednotlivými relativně samostatně řízenými filiálkami. Zde je pak rozhodujícím momentem analýza, kam je nejvhodnější případnou vázanost kapitálu přesunout.

Druhé, moderní spojení systému JIT jej charakterizuje nikoliv pouze jako systém vedoucí ke snížení zásob, ale systém, který

komplexne vede k úspore času v celé prubežné dobe výrobku a tím prináší výrazné snížení nákladu, zvýšení produktivity práce a ďalší související výsledky.

## **5 Simulace**

### **5.1 Úvod**

Simulace je metoda představující hypotetický vývoj zkoumaných jevu ve zvolených podmínkách. Jde o napodobení systému, který se má řešit. Uplatňuje se zejména tam, kde je skutečné vyzkoušení systému náročné a přináší značné ztráty.

Z tohoto hlediska lze simulaci použít buď k vyjasnění určitých jednorázových rozhodnutí, nebo k posouzení určité strategie. Skutečný proces napodobíme pomocí počítače. Metoda má význam zejména při zjišťování účinku určitých rozhodnutí, tj. změny vytížení kapacit, změny priorit zakázek, změny objednávek atd. Dále slouží k řešení řízení meziskladu, hodnocení velikosti výrobních dávek, při posouzení vlivu zakázek a jejich priorit na vytížení kapacit apod. Při použití simulace je třeba napodobit výskyt jednotlivých jevu, jako je přísun materiálu, změny zakázek, vyjasňování zakázek, změny v poptávce apod. Opíráme se buď o údaje z minulosti, získané za delší časové období, nebo postupujeme namátkově podle principu náhodnosti.

Nejjednodušší obecné rozdělení modelu rozvrhování je charakterizováno dvěma typy. Jde o uzavřený a otevřený model.

#### **5.1.1 Uzavřený model**

Předpokládá, že problém je omezen uzavřením v prostoru a v case a proces probíhá v podmínkách určitosti. Jedná se o plnění prostoru s danými rozměry, které představují kapacitu a čas, jenž má být vyplněn určitým obsahem, který představuje výrobní úkoly. Cílem vyplňování je minimalizace nesouladu mezi kapacitami a požadavky. Z toho vyplývá, že nemohou být vždy respektována kapacitní omezení, jestliže chceme získat optimální řešení. Přístup

k optimalizaci umožňuje tzv. globální přístup - pro nejbližší období lze přijmout horší řešení v zájmu vytvoření lepšího rozhodovacího prostoru pro taktizování v budoucnosti.

### **5.1.2 Otevřený model**

Předpokládá, že problém rozvrhování je řešení v podmínkách neurčitosti, i když je relativně uzavřený v prostoru, je otevřený v čase. Oproti uzavřenému modelu je označován jako plnění prostoru nekonečné délky, která představuje čas, ale daného průměru, který představuje výrobní úkoly. Podmínkou je respektování aktuálního výchozího stavu v reálném čase, termíny zadané plány vyšší úrovně a kapacitní omezení. Toto omezení lze ovlivňovat v zájmu dosažení přípustného řešení. Cílem je sledování určité optimální strategie, vycházející z toho, že pouze nejbližší kroky rozvržení procesu představují skutečnou řídicí informaci. Tento typ modelu předpokládá, že různé dynamicky se vyskytující poruchy, vlastní každému výrobnímu systému, překonají rozvrh dříve, než dosáhne svého konečného a úplného realizování. Na poruchy reagujeme vytvořením nového modelu.

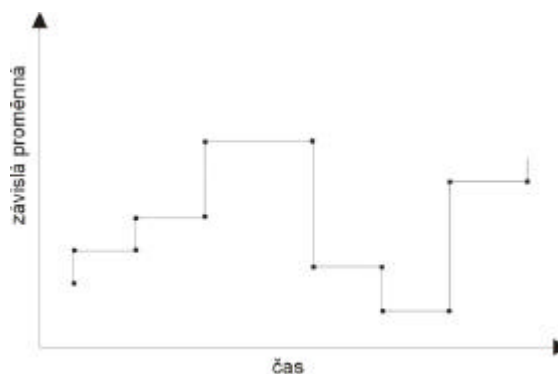
### **5.1.3 Heuristický přístup k modelování**

V praxi se setkáme s tím, že naznačené matematické metody nevedou k úspěšnému využití, nebo jejich využití nebude vzhledem ke specifické povaze řešeného problému vůbec možné. V takovém případě volíme heuristický přístup, tzn. hledáme řešení pomocí algoritmu, o němž se domníváme, že vede k řešení, ale nedovedeme to dokázat exaktní metodou a formulací. Je samozřejmé, že výsledné řešení není optimální, avšak může být dostatečné. Proti stávajícím algoritmům a známým metodám vychází heuristické řešení z určitých

omezení, jako zmenšení prostoru uvažovaného pro řešení nebo zmenšení prostoru objektu, pro který model řešíme.

## 5.2 Základní typy simulace

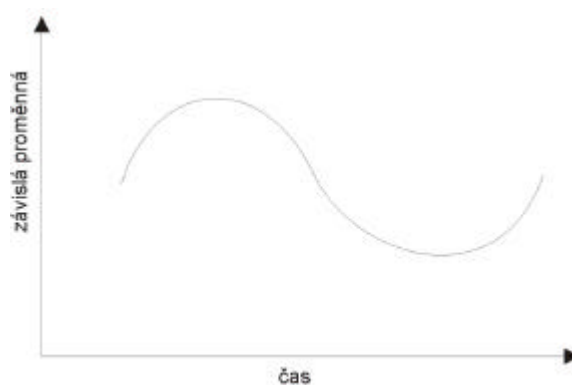
### 5.2.1 Diskrétní simulace



obr.2 - diskrétní- událostne orientovaná simulace [11]

Nazývá se i událostne orientovanou simulací. Z pohledu simulace budeme se tomto případě simuluje jen ty časové okamžiky (události), v kterých dochází ke změně stavových veličin systému. Příkladem diskrétních systému je většina výrobních a logistických systému.

### 5.2.2 Spojitá simulace



obr.3 - spojitá simulace [11]

Hodnoty stavových promenných se mení spojitě v daném časovém intervalu. Hodnoty stavových promenných jsou určovány řešením diferenciálních rovnic, které popisují chování simulovaného systému ve velmi krátkých časových krocích (numerické řešení obyčejné diferenciální rovnice využívající metodu Runge Kutta).

### **5.2.3 Kombinovaná simulace**

Obsahuje prvky diskrétní i spojitě simulace. Při simulaci výrobního systému, kde dominují diskrétní procesy, se někdy kombinují principy diskrétní a spojitě simulace.

## **5.3 Hlavní prvky simulacího modelu výrobního systému**

Při vytvoření modelu výrobního systému jde především o definování hranic systému (např. vstup materiálu, výstup výrobku a pod.), modelování pracovišť a jejich propojení materiálovým a informacním tokem, modelování řídicích pravidel, poruch, přestávek, reorganizace pracovišť, modelování práce lidí, nákladu a pod.

## **5.4 Proč použít simulaci**

Při projektování a provádění komplexních logistických a výrobních systémů vzniká množství problému a rizik. Velký počet variant nedává při použití klasických nástrojů projektantovi ani řídicímu pracovníkovi možnost výběru optimálního řešení. Jedná se o takzvaný efekt lokální optimalizace, která se vyskytuje nejenom v provádění logistických a výrobních systémech, ale i při jejich projektování.

Když je projekt příliš nákladný, vytvářejí se jeho úpravy, aby jej bylo možné realizovat. Při neurčitosti budoucích požadavků na výrobu, při časovém tlaku, omezenosti financí a nedostupnosti

moderních nástroju je možné jen těžko hovořit o celkové optimalizaci parametru systému. Často se potom stává, že už v projektu systému jsou nedostatky, které nedovolí plné využívání všech jeho možností. Následně je potřeba řešit problémy dodatečných úprav systému, což je spojeno obvykle s dalším nárůstem nákladu. Pro řešení uvedených problémů je velmi vhodné využití počítačové simulace.

## **5.5 Využití simulace**

Simulace umožňuje si předem "prehrát" chování systému před realizací opatření, podívat se do předu a v předstihu vidět případné problémy. S použitím simulace získává řídicí pracovník jistotu v tom, že plánované úlohy bude možné v daném časovém rámci skutečně realizovat, přitom animace průběhu výrobního procesu může pomoci, názorně objasnit a lépe pochopit dané procesy. Zároveň je takto možné odhalit nedostatky výrobního plánu ještě před jeho realizací. Počítačová simulace výroby představuje vlastně "virtuální podnik", který pomáhá například overovat efekty různých strategií řízení.

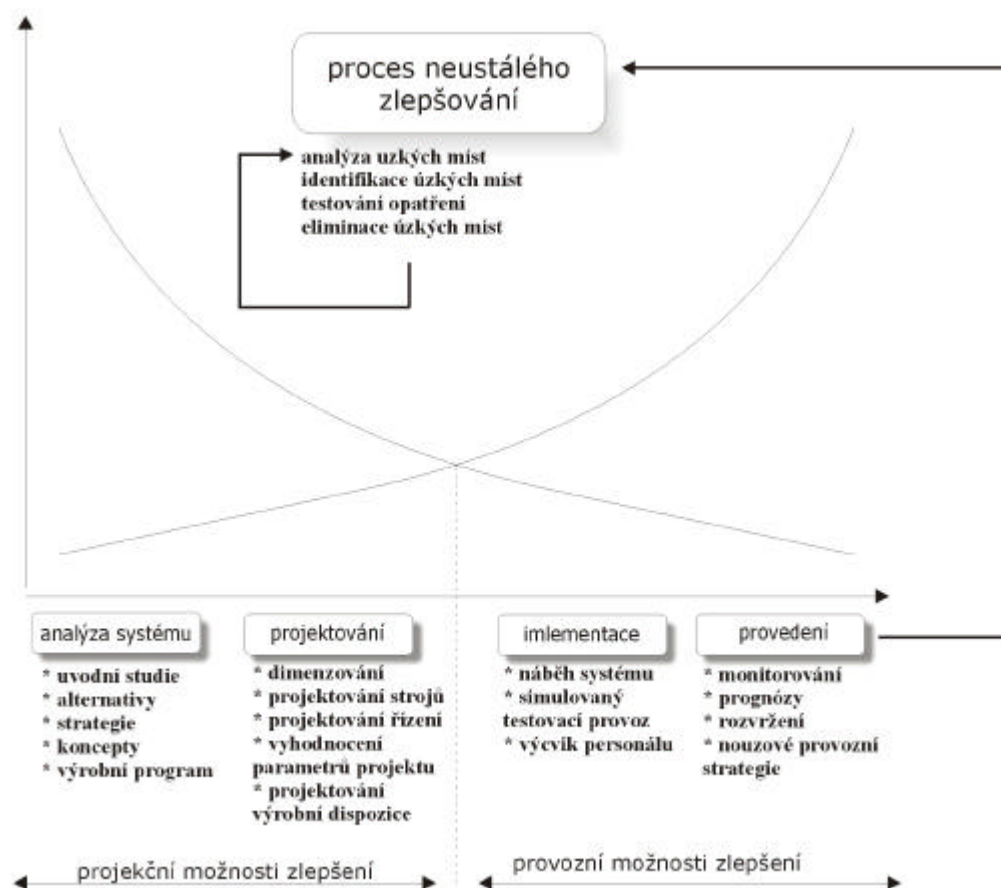
Každou simulaci můžeme chápat jako samostatný projekt a využít zásady řízení projektu. Znamená to definovat úlohy, navrhnout jejich logickou a časovou návaznost, určit potřebné lidské a výpočtové zdroje, finanční nároky a dobu úhrady vložených prostředků.

Prínosy dosažené aplikací simulace by měly být větší než náklady potřebné na realizaci simulace a zlepšení systému. Při rozhodování o simulacním projektu platí pravidlo: simulace je opodstatněná v případě, že jsou přímé přínosy ze simulace větší než náklady na simulaci. V mnohých případech není cílem simulace přímý ekonomický efekt. Na to, aby byl efekt simulace maximální do značné míry ovlivňuje čas, kdy je simulace realizována.

Simulace by měla být použita už v počátečních fázích zpracování projektu. V procesu realizace už jenom málo stupňu



volnosti pro zmeny a zlepšování a většine takovýchto zlepšení je spojeno s vysokými dodatečnými náklady, které někdy mohou převyšovat přínosy k zlepšení.



obr.4 - Možnosti zlepšení a vliv investice [11]

V současnosti existuje několik důvodů pro zvýšený význam simulacní techniky v průmyslových podnicích. Známé analytické metody (teorie hromadné obsluhy, obslužné sítě, lineární programování a jiné.) mají omezené použití při řešení praktických problémů. Neustálý růst komplexnosti řešení, vysoké investice a vysoké nebezpečí špatných rozhodnutí, které musí být přijato v kratších časových intervalech. Rychlý vývoj v oblasti počítačové techniky.

## **5.6 Přehled a typy počítačových simulacních systému**

K nejznámějším simulacním programům patří:

- Witness
- AveSim!
- Promodel
- Quest
- eM-Plant

V podmínkách přísného sledování nákladu je potřeba overovat možnosti plánovaných systému a nacházet inovací úspěšné řešení. Požadavky na změnu technologických nebo organizačních záležitostí však se sebou přinášejí určitá rizika.

Simulační programy nám pomáhají tyto rizika omezovat tím, že umožňují modelovat pracovní prostředí a simulovat důsledky různých rozhodnutí. Výsledkem je větší míra důvěry, že navrhované řešení je pro organizaci to správné – ještě předtím, než se přistoupí k jeho realizaci.

### **5.6.1 Witness**

Jeden ze světově nejúspěšnějších simulacních programů pro simulaci výrobních, obslužných a logistických procesů nabízený britskou firmou Lanner Group Ltd. Firma Lanner Group Ltd. nabízí tzv. Business Process Improvement Toolset, kde uživatel kromě modelování procesu a systému má možnost je i optimalizovat, vizualizovat, zpracovávat vstupní informace atd.

Spojení simulace a modelování s použitím matematického modelu nabízí široké aplikační možnosti jak při plánování a zlepšování procesu, tak při operativním řízení a plánování výroby. Firma Lanner Group proto do svých produktů zahrnuje podporu moderních metod

řízení výroby. Respektuje pritom požadavky na snadnou implementaci v podnikovém prostředí.

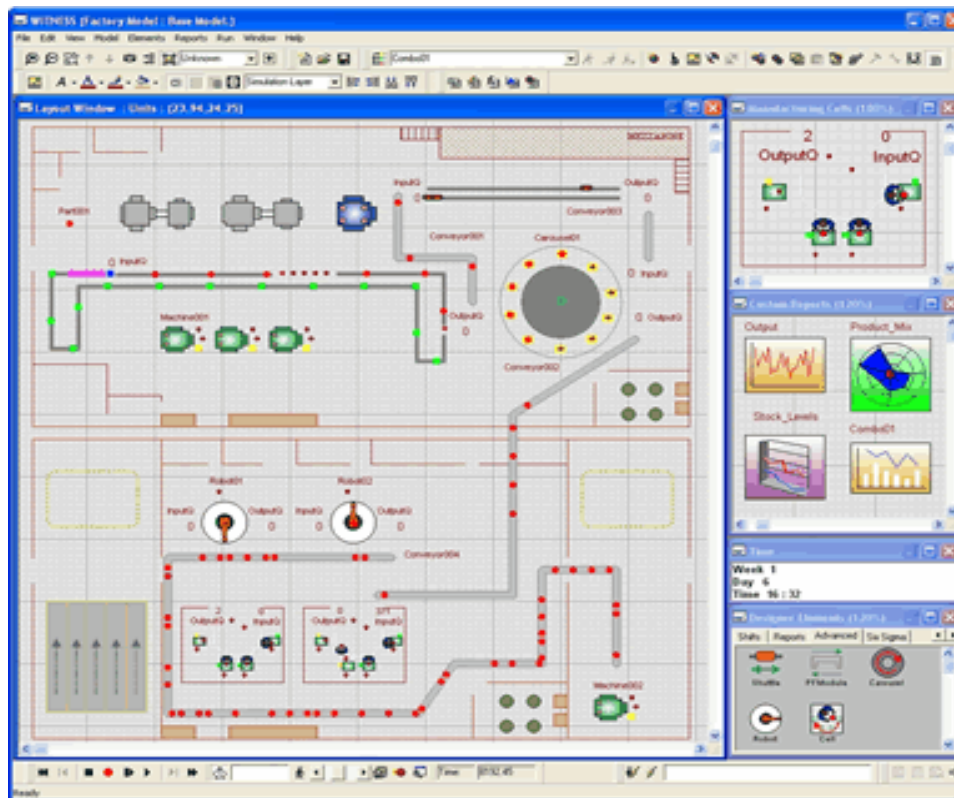
Prostředí Witness umožňuje definovat výkonnost procesu a následne ji presne merit. Bez ohledu na to, zda jde o výrobní proces nebo o oblast služeb, poskytuje možnost vytvářet presné modely procesu s uvažováním všech podstatných charakteristik originálu. Modely vytvorené v prostředí Witness dovolují pružne postihnout nejruznejší pravidla procesu, jako jsou alokace zdroju, rozvrhy distribuce, složité materiálové toky a pracovní postupy.

Nejcastejšími příklady použití modelu jsou výrobní linky, kolem kterých existuje mnoho zařízení, u nichž je možné realizovat individuální zlepšení. Typicky se porovnáva skutečne dosažená hodnota parametru charakterizujícího výkonnost zařízení s jeho normovanou hodnotou.

V rámci simulacních experimentu je možné analýzou zjistit dopad možných zmen v parametrech jednotlivých stroju (operacní doby, serizovací doby, poruchovost, zmetkovitost atd.) na celkový výkon linky. V systému Witness je možné takovéto experimenty vytvářet interaktivne a postupne vyhodnocovat efekty možných zmen. Experimenty lze také provádět dávkove s možností uchovávání simulacních dat pro následné porovnání ruzných scénáru možných opatření.

Speciální algoritmus implementovaný v programu umožňuje uskutečnit inteligentní výber tech nejlepších z možných alternativ zlepšování procesu. U reálných procesu obvykle existuje mnoho parametru, které je možné menit. Je nutné vybrat nekolik podstatných, které mají největší vliv na výkonnost procesu, a na ty pak zamerit zlepšovací projekty. Poté, co uživatel určí pocet parametru, které je ještě praktické do projektu zahrnout, Witness hledá nejoptimálnejší kombinaci faktoru, která muže prinést nejlepší výsledky. Witness poskytuje mnoho tabulkových a grafických výsledku, které zobrazují zmeny parametru v porovnání se

současným stavem, variabilitu procesu apod. Parametry je možné seřadit podle jejich individuálních příspěvků k celkové změně výkonnosti procesu.



obr.5 - Pracovní prostředí programu Witness 2006 Release

## 5.6.2 Promodel

Software pro modelování, optimalizaci a diskrétních simulací výrobních linek, provozu. Nástroj ProModel analyzuje a optimalizuje výrobní, logistické a skladové systémy. Umožňuje rychlou identifikaci efektivnějších způsobů řízení těchto systémů, zvyšování zisku a snižování rizika, optimální alokaci zdroje atd. Je možné jej doplnit o optimalizační modul SimRunner.

Uživatelské nástroje:

- Transportní návrh systému

- Zásobovací optimalizační retezec
- Podpora projektu Six Sigma
- Zhodnocení nových procesu a zařízení
- Zlepšování prodeje a operativního plánování
- Kapacitní analýzy
- Identifikace a minimalizace úzkých míst v systému
- Rozdělení zdroje a snížení nákladu
- Snižování a optimalizace zásob
- Distribuce optimalizačního plánování

### 5.6.3 Quest

Představuje kompletní 3D digitální podnik pro simulaci, analýzu, vhodnost a návratnost procesu. Z 3D modelu je možné určit optimální rozmístění zařízení, průběžné doby výroby výrobku, tok existujících nákladu nebo nových systému.

možnosti software:

- maximální výrobní výkon využitý v podniku
- Optimalizace investic
- Zpetné použití nejlepšího postupu
- Snížení nákladu a výrobních casu
- Redukce výrobních procesu
- Kapacitní plánování



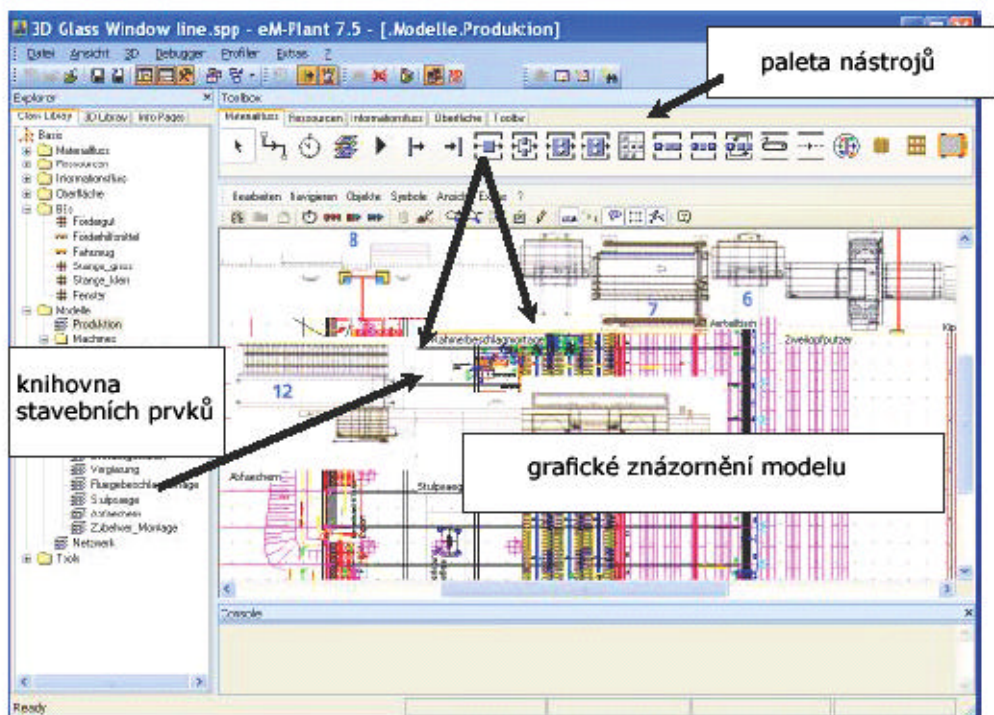
obr.6 - Simulace v Quest

#### 5.6.4 eM – Plant

Jde o novou generaci objektově orientované diskrétní počítačové simulace výrobních, logistických a obslužných procesu. V současnosti je možno využívat všechny výhody vývoje produktu v oblasti optimalizace nových, respektive existujících procesu, které přidávají hodnoty v organizacích.

vlastnosti:

- rychlá analýza
- jednoduché plánování
- bezpečné rozhodování
- zlepšování produktivity
- šetření nákladu



obr.7 - grafické znázornění modelu eM-Plant

Projekty týkající se výrobního nebo obchodního procesu obvykle začínají analýzou současného stavu. Merí se množství parametru, jako jsou celková kvalita produkce, kvalita produkce jednotlivých strojů, doby obsluhy apod. Vytvářejí se simulací modely procesu, které ukazují, jakých zlepšení lze dosáhnout úpravou zařízení, změnou rozvržení zdroje anebo výrobních zařízení či pracovišť i úpravou řídicího algoritmu systému.

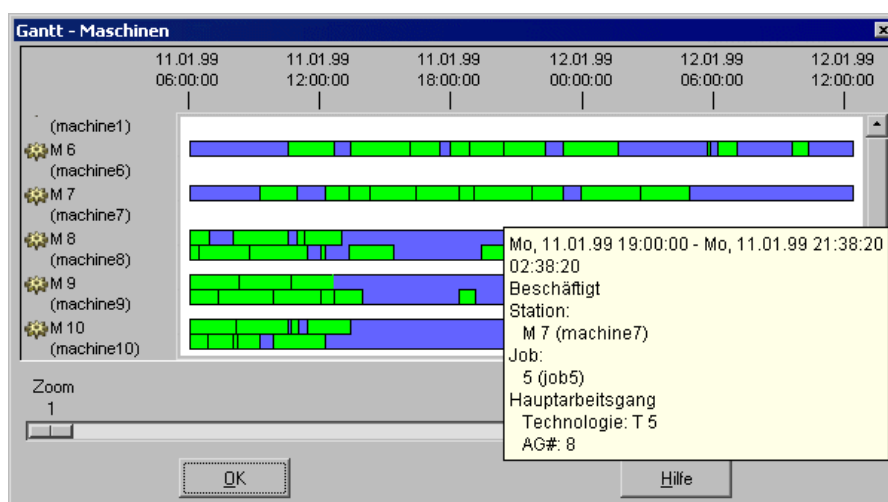
### 5.6.5 Simcron Modeller 3.1

Operativní plánování výroby v diskrétních výrobních systémech je náročná úloha, která v PPS/ERP systémech nemůže být řešena samostatně. V komplikovaných procesech a iteracích výrobních procesů, potřebujeme Simulační systém jako je Simcron MODELLER pro řešení těchto úloh. V simulačním modelu působí omezené



kapacity, datové prodlevy se subdodávkami nebo dalšími závislostmi podobnými reálnému výrobnímu systému.

Simcron MODELLER je událostne orientovaný simulací systém, zvláště k použití při doprovodných procesech ve výrobním plánování. Není založena jen na základe rychlosti simulace, ale také na komfortu obsluhy. Grafické zobrazení usnadňuje vypracování modelu a dovoluje také názornou animaci virtuálního výrobního procesu. Stavební kameny jsou vytvořeny na základe požadavku z praxe. Počet nejrozumnějších ovládacích prvků je přesto malý.



obr.8 - Gantt diagram

Rízení průběhu výroby můžeme modelovat prostřednictvím objektu, ale také pomocí skriptu. Objem analyzáčních nástrojů např. Ganttovy diagramy, pomáhají uživateli s vyhodnocením Simulace.

Simcron Modeller poskytuje odpovědi na tyto otázky:

- Termíny:

Kdy, kterou zakázku a na kterém stroji bychom chtěli vyrobit?

Mohou být žádané dodací termíny dodrženy?



- Kapacitní využití:

Jak vysoký je průmerný stupeň vytížení všech nebo jednotlivých stroju?

Kolik úzkých míst má systém?

Jaké je vytížení personálu?

- Prubežný čas:

Jak vysoký je prumer prubežné doby výroby všech nebo vybraných zakázek?

Jak vysoký je průmerný čas skladování zakázky?

- Zásoby:

Kde a jak se vytvářejí fronty čekajících zakázek?

Jak vysoká je maximální, minimální nebo průmerná zásoba ve zvolené frontě čekajících zakázek?

Tento výčet není úplný a liší se podle řešeného problému. V tom je další výhoda tohoto systému. Simcron Modeller je navržen tak, aby si uživatel sám rozhodl zda jej bude využívat jako samostatný program, nebo jej začlení do stávajícího ERP a bude ho spouštět na pozadí. Pro tento případ je Simcron Modeller opatřen modulem pro spolupráci s externími databázemi.

Simcron MODELLER je vytvořen pro OS Windows a grafická podoba je postavena na základe uživatelského prostředí operačního systému Windows. Ovládací prvky jsou standardně rozvrženy. V některých případech se však odchyluje od běžně známých programu. Toto je dáno specifickými nástroji a funkcemi tohoto programu.

Základní nástroje a funkce jsou přístupné přes horní lištu. Často používané funkce a nástroje jsou přístupné v paletě nástroju na pracovní ploše.

## Základní objektová tlačítka:

### Stanice



#### Stroj:

- strojní výroba
- rucní výroba
- casové vytížení dopravy (vozu, pásové dopravy...)



#### Sklad:

- vstup napr. vstupní sklad, vyrovnávací sklad
- doprava bez udání casu

### Zakázka



- je opakem nástroju stanice (stroj a sklad)
- zde můžeme definovat velikost a termíny zhotovení zakázky

### Ovládání



#### Technologie:

- určuje postup, kterým se řídí zakázka ve výrobě
- je to průběh zakázky výrobou



#### Vetvení:

- sled operací, který nám umožňuje rozdelit technologii na více vláken



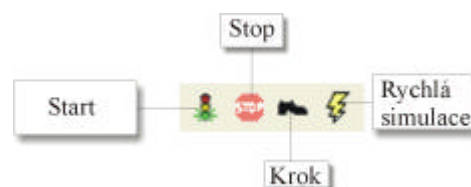
#### Casový a smenový plán:

- plánuje pravidelnou odstávku stroju nebo zakázek



#### Metoda:

- Programové ovládání pomocí skriptovacího jazyka TCL



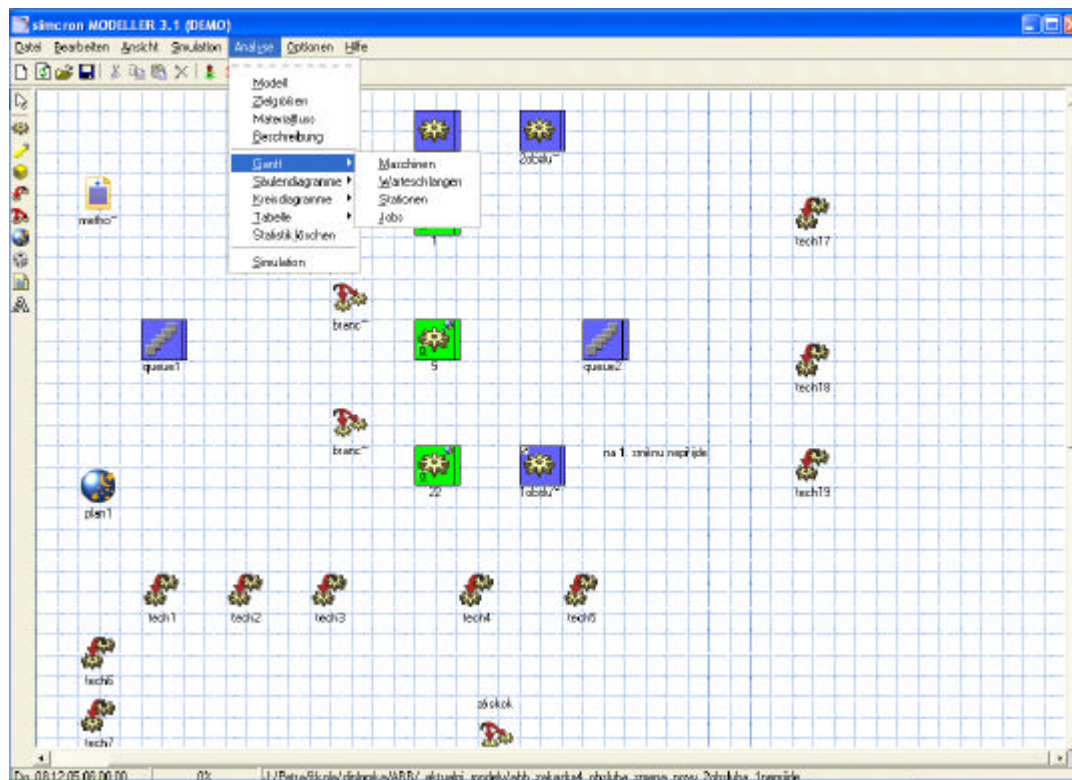
Start: spustí simulaci

Stop: zastaví simulaci

Krok: spustí simulaci po jednotlivých krocích

Rychlá simulace: rychle spustí simulaci

Výsledky lze zobrazit v textové podobě, či graficky například ve formě Ganttova diagramu viz obr. 8. Výsledky simulace lze i exportovat do EXCELU, což nám umožňuje dále s daty pracovat.



obr.9- vyvolání simulace: Ganttuv diagram

## 6 Simulace řízení zakázek na LP ve firmě ABB s.r.o., Elektro - Praga

### 6.1 ABB s.r.o.

Firma ABB s.r.o., Elektro - Praga Divize Automation Products a Process Automation sídlí v Jablonci nad Nisou. Tato divize se zabývá výrobou domovního elektroinstalčního materiálu, jako jsou spínace, zásuvky a další prvky.



Obr.10 - výrobky ABB s.r.o.

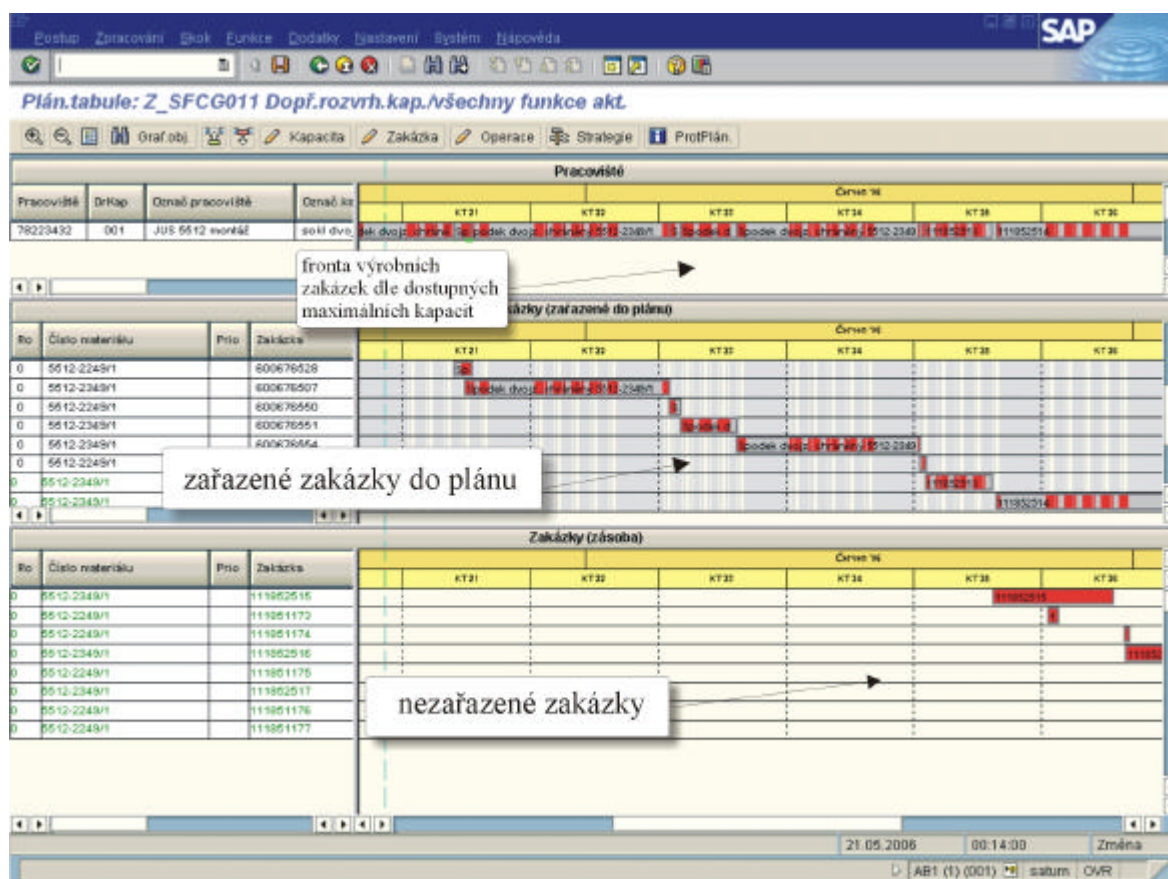
Tato firma má jako progresivní společnost více než stotricetiletou tradici výroby v oblasti elektrotechniky. Dbá zvláště na osobní odpovědnost zaměstnanců za kvalitu. K nejdůležitějším cílům ABB s.r.o. Elektro-Praga patří zejména vysoká kvalita a technická úroveň výrobku, jejich bezpečnost a spolehlivost, důkladné plnění termínu dodávek dle požadavků zákazníka, soustavné sledování a analýza potřeb zákazníka a minimalizace nákladů na reklamace a nekvalitní výrobky.

Lisovna plastu je jedno ze středisek firmy kde se lisují kryty spínačů a zásuvek. V dalších výrobních prostorách se tyto výrobky kompletují. U elektroinstalčních komponentů pro domácí a interiérové použití je velice důležitým parametrem výrobku jejich

design a esteticnost. Výrobky jsou velice různorodé, především svým tvarem a barevností i funkcí.

## 6.2 Systém plánování

Lisovna plastu vyrábí velice různorodou škálu výrobku. Vzhledem k této odlišnosti je potřeba neustále zpracovávat aktuální data. Plánování na LP závisí na závazných objednávkách. Z kapacitních a finančních důvodů je důležité plánovat ve velice krátké době. Lisovna plastu používá nadstavbu v SAP, který automaticky při vytvoření zakázky kontroluje stav zásob materiálu, počet vyrobených kusů a množství které se má vytvořit.



obr.11 – Plánovací tabule

Firma ABB disponuje počítačovým ERP systémem (Enterprises Ressource Planning - informací systém pro podporu plánování výroby) SAP. Na základě RFC (popis síťových protokolů) se v SAP vygenerují výrobní zakázky na finální výrobky. Požadavky na výrobu dílu v lisovně plastu se vytvářejí prostřednictvím databáze technologických postupů, kmenových dat o materiálech a kusovníku. Na základě těchto dat se vygenerují požadavky na výrobu dílu v LP.

SAP vytvoří tabulku, kde jsou zaznamenány termíny na výrobu dílu, na základě těchto dat se vytváří týdenní plán lisovny plastu, který se rozdělí na jednotlivé dny podle stroje, forem a obsluhy které jsou k dispozici. Dále se také zohledňují výrobky které jsou již hotové a uskladněny a zda je materiál ze které ho se bude vyrábět již na skladě. Data se exportují do tabulek aplikace EXCEL pomocí maker.

**Kapacitní plánování: Stand.přehled**

Pracoviště : 70223432      JUS 5512 montáž spodku úp Záv. 1501  
 Druh kapacity: 001      sokl dvojrámový 5512 ú

Tyden	Potřeba	Kapacita	Zatížení	volnou kap.	Jedn.
17.2006	46,30	44,00	105 %	2,30	H
18.2006	59,50	59,50	100 %	0,00	H
19.2006	57,58	59,50	97 %	1,92	H
20.2006	75,00	75,00	100 %	0,00	H
21.2006	83,62	75,00	112 %	-8,62	H
22.2006	75,00	75,00	100 %	0,00	H
23.2006	75,00	75,00	100 %	0,00	H
24.2006	75,00	75,00	100 %	0,00	H
25.2006	79,07	75,00	105 %	-4,07	H
26.2006	159,07	75,00	212 %	-84,07	H
27.2006	66,92	44,00	152 %	-22,92	H
28.2006	27,53	75,00	27 %	47,47	H
29.2006	40,50	75,00	54 %	34,50	H
30.2006	0,00	0,00	0 %	0,00	H
31.2006	0,00	0,00	0 %	0,00	H
32.2006	0,00	0,00	0 %	0,00	H
33.2006	41,00	75,00	55 %	34,00	H
34.2006	24,12	75,00	32 %	50,88	H
<b>Celkové</b>	<b>985,30</b>	<b>1.032,00</b>	<b>96 %</b>	<b>46,70</b>	<b>H</b>

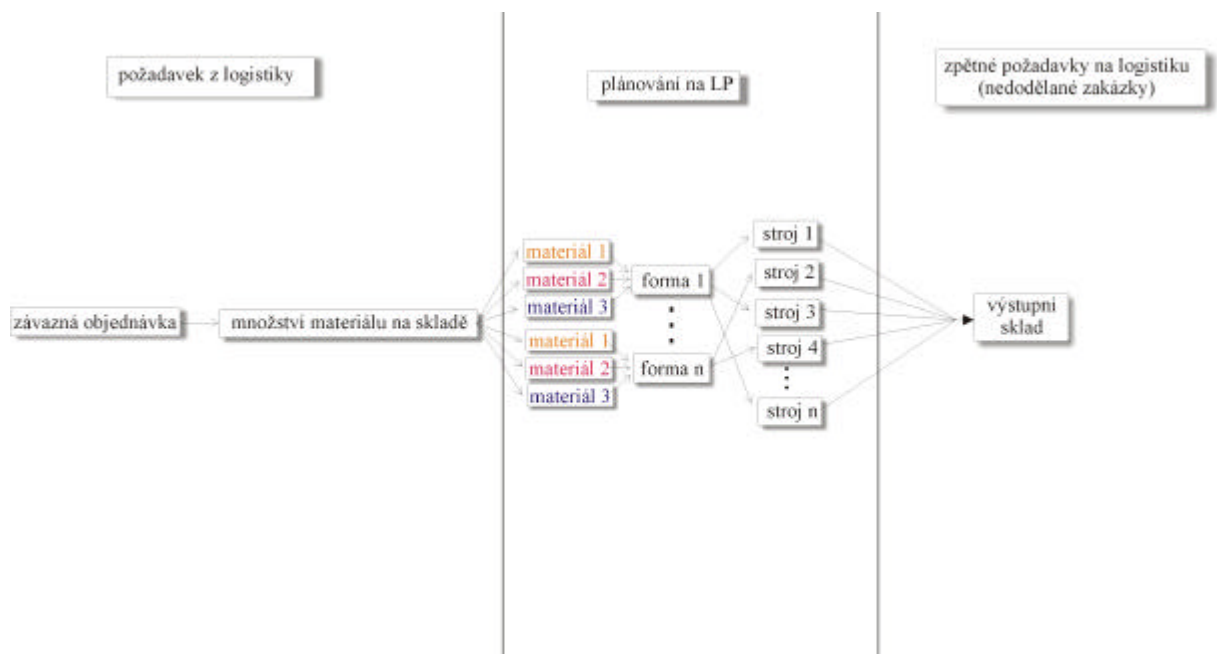
vytížení strojů      volná kapacita

obr. 12 - Kapacitní plánování

LP má 21 lisu. Každý lis může vyrábět jen určitý typ výrobku. Je zajištěn nepřetržitý chod lisu. Detailní rozvrhování výroby (Tvorba výrobního plánu - vlastní vytvorení a razení výrobních zakázek) řeší odpovědní pracovníci ručně s pomocí programu Excel na základě svých zkušeností, přičemž reagují na aktuální stav zakázek i situaci v dílně.

Faktory které ovlivňují plánování:

- jednotlivé zakázky, resp. formy, mají variabilitu v technologii výroby,
- čas na serížení lisu (výmena formy pri prechodu z jednoho typu výrobku na jiný),
- existují výrobní a organizační omezení (např. požadavek, aby se zabránilo časovým kolizím při serizování, je třeba přihlídnout k vícestrojové obsluze, ...).



obr.13 - materiálový a informační tok na LP



Pri plánování na jednotlivé stroje se zohledňuje:

- forma, která je na stroji (rozpracovaná výroba)
- množství vyrobených kusu
- barva materiálu (vyrábí se od nejsvetlejších odstínů po nejtmavší)
- výmena forem

### **6.3 Zadání a stanovení požadavku**

Ve firmě ABB s.r.o., Elektro - Praga je využíván podnikový systém řízení SAP/R3. Řízení a především razení dílenských zakázek je však prováděno ručně pomocí programu Excel. Toto zaplánování je prováděno pracovníkem dle požadovaného typu výrobku, počtu kusu a dle dalších kritérií, které se řídí zkušeností příslušného zaměstnance. Tento předbežný plán postupu zakázek je dále poskytnut mistrům, kteří mají možnost ho následně korigovat podle skutečného stavu probíhajících a zaplánovaných zakázek. Tento postup zaplánování zakázek se firmě jeví jako ne zcela optimální.

Z tohoto důvodu firma ABB s.r.o., Elektro - Praga stanovila tyto cíle a milníky pro inovaci stávajícího řešení:

- Důkladně se seznámit s aspekty ovlivňujícími tvorbu plánu výroby LP.
- Specifikovat klíčové prvky, které ovlivňují tvorbu plánu LP.
- Kvantifikace a kvalifikace parametru a stanovení závislostí.
- Definovat změny, které jsou reálné pro správné fungování počítačové simulace.
- Zavedení těchto změn do SAP.
- Pomocí simulací programu overit správnost a úplnost zavedených opatření vytvořením reálného a optimalizovaného plánu výroby pro LP.



## 6.4 Popis problému

Pri generování výrobního plánu v současnosti SAP nezohledňuje kapacitní omezení, dostupnost materiálu, forem a nástroju.

Následkem toho jsou oddělením logistiky do výroby poušteny výrobní zakázky neodpovídající kapacitním možnostem a reálným termínem. Toto je v dnešní době řešeno pro několik výrobku manuálním zaplánováním výrobních zakázek, kdy se každá výrobní zakázka individuálně zaplňuje dle dostupných kapacit. Tím se zabrání tomu, že je napr. několik výrobních zakázek na stejný termín je zaplňováno na jedno pracoviště.

## 6.5 Popis řešení

V simulacním systému je vytvořen simulací model zkoumaného procesu, na kterém se „prehrávají“ jednotlivé „scénáře výroby“. Veškeré informace o zakázkách jsou načítány ze systému Excel. Získané výsledky experimentování se zobrazují pomocí příslušných tabulek a grafu. Po jejich analýze lze navrhnout případné změny a ty opět poměrně rychle simulovat a analyzovat.

Pro zlepšení současného stavu stanovování sledu výrobních zakázek bylo využito simulacního systému Simcron Modeller 3.1.

Simulací model obsahuje:

- výrobní zakázky
- rozpracovanou výrobu
- stroje
- sklady
- serizování
- časový plán (revize)

Do modelu jsou integrována tato data:

- velikost zakázky
- casy lisování
- technologie výroby (včetně variability zakázek)
- průměrný čas serizování mezi jednotlivými typy zakázek
- variabilita zakázky
- kontrola a serizování

## 6.6 Razení zakázek

Zakázky se do simulacního modelu načítají z externí databáze (Excel). Toto vyclenění ze samotného simulacního modelu má několik výhod:

- Odpadá složité zadávání dat do systému (simulacní model není nutno modifikovat)
- Případné změny v pořadí, či ve struktuře zakázek se dějí pouhou změnou pozice řádku v externí databázi
- Zpříjemnila se uživatelská práce se samotnou simulací

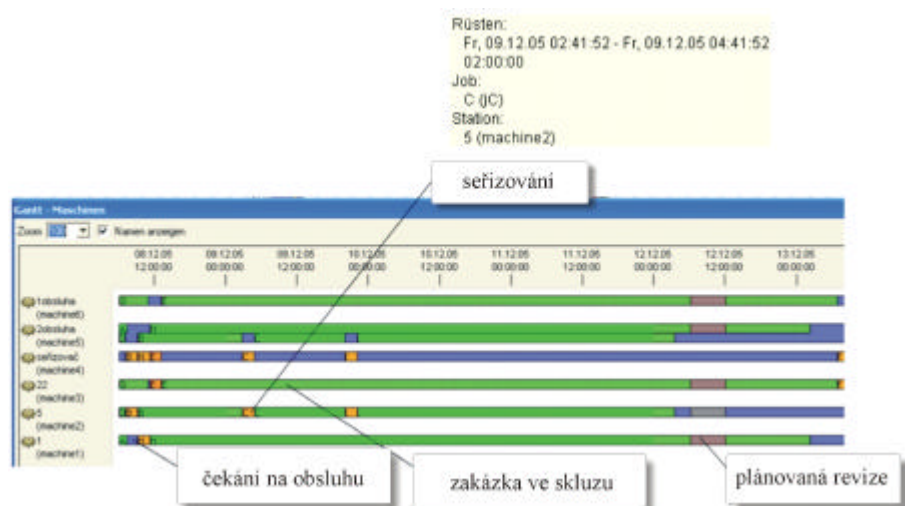
Na základě vygenerovaných dat ze SAP do MS EXCEL máme k dispozici tyto data:

- KODY\_FOREM (typy forem)
- POSTUPY\_ABB\_LP (pracovní čas stroje, pracovní čas osoby, přípravný čas stroje, přípravný čas osoby)
- SEZNAM\_VZ\_ABB\_LP (materiál, množství)
- TYDENNI\_PLANOVY (datum zahájení lisování zakázky, množství)
- KUSOVNIK\_LP (materiál)

1	A	B	C	D	E	G	H	I	J	K	L
2	Zakázka	Číslo materiálu	Množství	Konec	Dodán	stroj	lis	rán	el	hmota	spol. forma
2	600600001	0025-1-3178	54000	12.12.2005	30000	L3	3,16,21	0	4	PP	0
3	600611818	0025-1-3178	60000	13.1.2006	0	L3	3,16,21	0	4	PP	0
4	600616089	0025-1-3178	66000	21.1.2006	0	L3	3,16,21	0	4	PP	0
5	600609624	0025-1-3178CZ	13000	21.12.2005	0	L3	3,16,21	0	4	PP	25-1-3178
6	600592173	0025-1-3178N	30000	21.11.2005	13200	L3	3,16,21	0	4	PP	25-1-3178
7	600606707	0025-1-3178N	30000	16.12.2005	0	L3	3,16,21	0	4	PP	25-1-3178
8	600610549	0025-1-3178N	30000	5.1.2006	0	L3	3,16,21	0	4	PP	25-1-3178
9	600607338	0025-1-3178N1	3201	9.12.2005	3200	L3	3,16,21	0	4	PP	25-1-3178
10	600607689	0025-1-3189	4000	24.12.2005	0	A220	0	0	4	PCMI X natur #403 +	0
11	600616633	0025-1-3542B4	1890	19.1.2006	0	L6	6	0	4	PC bila 64-2-0088	0
12	600616087	0125-1-1445	30000	18.1.2006	0	E220/45	16,21	0	4	PC	0
13	600616086	0125-1-3115	18000	16.1.2006	0	E220/45	16	0	4	PC bila 64-2-0116	0
14	600606700	0025-1-3195	90000	12.12.2005	0	L4	4	0	4	PP	0
15	600614013	1525-1-1394	10000	18.1.2006	0	L3	3	0	4	PP	0
16	600607319	3171-810	27000	11.1.2006	0	A220	16,21	0	4	PC	0
17	600603182	3171-8181	11200	9.1.2006	0	A270	0	0	4	PC	0
18	600612917	3251-810N	8400	10.1.2006	0	A220	2,4	0	4	Nový černý	0
19	600607318	3251-810S	8400	10.1.2006	0	A220	2,4	0	4	PC	0

obr.14- výstupní data ze SAP- TYDENNI\_PLANOVY

Výsledky experimentování se zobrazují pomocí příslušných tabulek a grafu. Využívají se buď standardní výstupy (viz obr. 15), nebo je možné výstupy přizpůsobit požadavkům uživatele a vytvořit nové - uživatelské výstupy.



obr.15- Ganttův diagram rozložení výrobních zakázek [13]

## 6.7 Simulační experiment

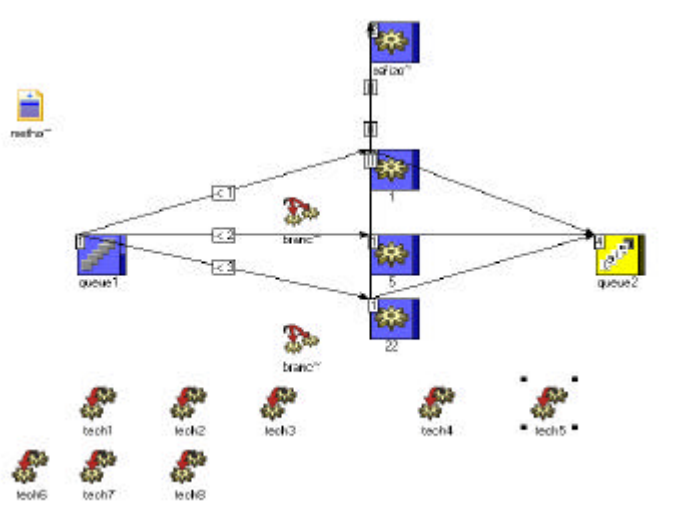
### 6.7.1 Simulace pro tři stroje

Na základě výstupních dat ze SAP/R3 byla vytvořena tabulka, kde byly seřazeny zakázky podle termínu. Plánování bylo omezeno časovým úsekem 7 dnu.

Výrobek	Cas	Kusy	Termín	Technologie
A	7,8	650	12.12.2005	tech2
D	19,4	208	12.12.2005	tech3
G	14,2	1260	8.12.2005	tech1
B	11,9	5760	9.12.2005	tech4
C	17,7	3241	15.12.2005	tech2
E	17,7	22800	7.12.2005	tech3
F	19,7	9600	16.12.2005	tech3
H	18,2	21000	12.12.2005	tech5
I	10,5	19200	12.12.2005	tech4

obr.16- upravená data na tri stroje

Simulace byla vyzkoušena nejdríve na trech strojích. Poté byla zpracována na celou lisovnu plastu (22 stroju – viz kapitola 6.7.2 ). U takto upravených dat byly sloučeny zakázky podle forem a tato tabulka se stala našimi vstupními daty do simulace.



obr.17 - simulacní model pro 3 stroje

Na obr.18 je ukázána technologie 5. Zakázku s touto technologií je možno lisovat na všech trech strojích. Podle obsazení stroje se zakázka může zaradit na volný stroj. Vždy pred každou zakázkou je potreba serizování, protože se vymenuje forma.

Technologie - tech5

Zeitpunkt: Do, 08.12.05 00:00

Name: \_\_\_\_\_

Algemein Eigenschaften

Spezifik.	AGH	Station	Baz.	Priorität	Bearbeitungszeit	U/Stk	Rüst	Freigabe	Bedarf	Bobucht
1		queue1	job	00:00:00	✓			Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2		beach2						Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2.1		tech1								
2.1.2		1	job	00:00:01	✓			Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2.1.3		tech5	job	00:00:00	✓			Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2.1.3.2		edizovač	job	02:00:00				Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2.1.4		queue2	job	00:00:00	✓			Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2.2		tech2								
2.2.2		5	job	00:00:01	✓			Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2.2.3		tech7	job	00:00:00	✓			Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2.2.3.2		edizovač	job	02:00:00				Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2.2.4		queue2	job	00:00:00	✓			Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2.3		tech3								
2.3.2		22	job	00:00:01	✓			Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2.3.3		tech8	job	00:00:00	✓			Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2.3.3.2		edizovač	job	02:00:00				Do, 01.01.70 00:00:00	0	
2.3.4		queue2	job	00:00:00	✓			Do, 01.01.70 00:00:00	0	

OK Abbruch Hilfe

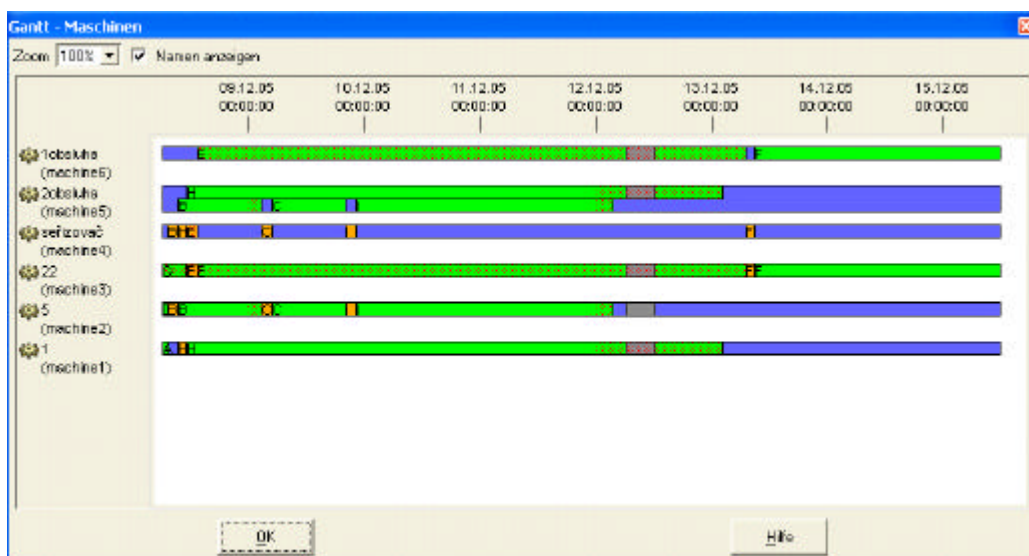
obr.18 - technologie 5

Krome rozvrhu výroby, který přihlíží k omezeným zdrojům a konfliktním situacím lze tyto výsledky využít pro další detailnější optimalizaci. Z výsledku je možné navrhnout případné změny v pořadí či velikosti zakázek a tím optimalizovat pořadí zakázek vzhledem k termínům odvázení či rovnomernejší vytížení pracovišť, optimalizovat velikost skladu, plánovat údržbu, apod.

Optimalizovaný rozvrh výroby je přitom možné získat během „několika málo“ minut a to i při opakované změně vstupních parametrů v Excelu a následné simulaci.

Z Ganttova diagramu na obr.19 je zřejmé, že za každou zakázkou probíhá serizování v časovém rozvrhu 2 hodiny. Jelikož je ošetřeno, aby nedocházelo ke kolizi serizovacu, nastává občas situace, kdy zakázka musí čekat na serizování (jedná se o serizování a výměnu formy). Serizování při výměně barvy není řešeno, jelikož se jedná o velmi krátký časový úsek.

Zakázky se řadí podle termínu na dané stroje. Zakázky jsou na rozmístěny podle technologie na jednotlivé stroje, v momente kdy zakázka může na více strojů je stroj vybírán na základě obsazení. Dále je zřejmá výluka, kdy se na lisovně plastu pravidelně provádí revize stroje, forem a provádí se úklid.



obr.19 - Výstup simulace - Ganntuv diagram

## 6.7.2 Simulace pro lisovnu plastu

Kvuli velké variabilitě zakázek na lisovne plastu je nejvhodnější na základe exportovaných dat ze SAP/R3 vytvorit tabulku dat, která usnadní práci ze simulací v Simcron Modeller 3.1. Díky takto upraveným datum není potreba zasahovat do modelu. Na základe naprogramované metody se zakázky zaplánují prostřednictvím technologií na jednotlivé stroje.

Výrobek	Cas	Kusy	Termín	Technologie	
Z600639423	21,7	5760	8.3.2006	tech9	tech33
Z600649986	12,7	10080	8.3.2006	tech12	tech35
Z600646515	9,4	6000	8.3.2006	tech21	tech42
Z600650156	15,6	160	9.3.2006	tech5	tech30
Z600626249	33,8	1740	9.3.2006	tech6	tech6
Z600653592	25,0	256	9.3.2006	tech12	tech35
Z600653593	22,9	240	9.3.2006	tech12	tech35
Z600635990	23,2	1440	9.3.2006	tech12	tech35
Z600653591	20,8	420	9.3.2006	tech15	tech37
Z600642726	18,8	1100	9.3.2006	tech17	tech39
Z600646561	5,9	19200	10.3.2006	tech4	tech29
Z600646532	15,8	8960	10.3.2006	tech4	tech29
Z600606583	42,2	240	10.3.2006	tech12	tech35
Z600642607	0,6	180000	10.3.2006	tech16	tech38

## obr.20 - tabulka vstupních dat do simulace

V prvním kroku bylo vybráno z měsíčního plánu zakázky na určitý týden. Poté jednotlivé zakázky byly sloučeny, podle toho zda se zakázky lisují na stejné formy, tyto zakázky tvoří novou zakázku. Což je velmi jednoduché pro mistra, který tento krok umí vytvořit rychleji a může plánovat zakázky na formy na základe svých zkušeností. V momente kdy bude forma nefunkční může být mistry zaplánována zakázku na jinou nebo náhradní formu (stroj). Zakázky které jsou rozpracované jsou přímo naplánované na stroje, aby nedocházelo ke zbytečnému serizování.

V modelu jsou zahrnuty:

vstupní sklad: Prostřednictvím naprogramované metody se zakázky nactou do modelu, úprava dat se může provádět pomocí Excelu.

jednotlivé technologie: Je zde zahrnuto vetvení na jednotlivé stroje. Podle parametru stroju se zakázky mohou radit jen podle určitých kritérií. Jedním z těchto kritérií je možnost upnutí dané formy jen do určitého stroje.

stroje: Na začátku simulace je na stroje zarazena pouze rozpracovaná zakázka.

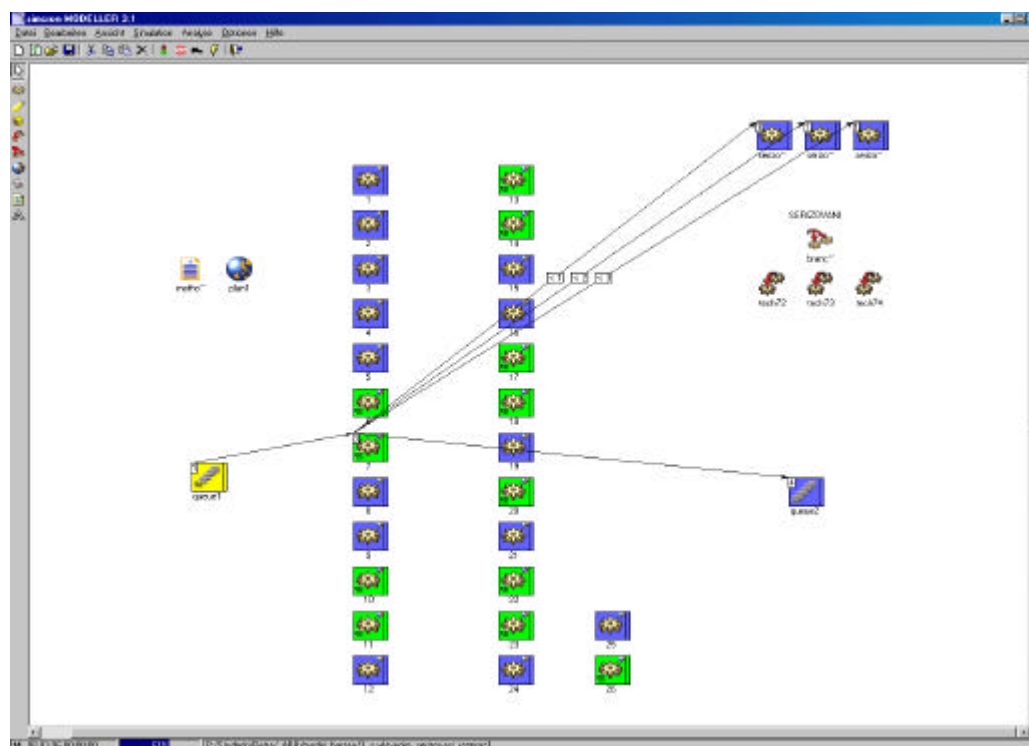
serizování: Na lisovne plastu jsou tři serizovací na smenu. Simulace přihlíží k tomu aby nevznikala kolize serizovacu. Serizovac může provést opravu jakéhokoliv stroje.

metoda: Prostřednictvím skriptovacího jazyka TCL je možné načítat data z externího souboru (tabulkový procesor Excel).

casový plán: Je to cyklus revize stroju který se pravidelne provádí jednou týdně v daný čas.

výstupní sklad: Zobrazuje vyrobené zakázky. Prostřednictvím různých analýz se znázorňují výsledky simulace (Ganntov

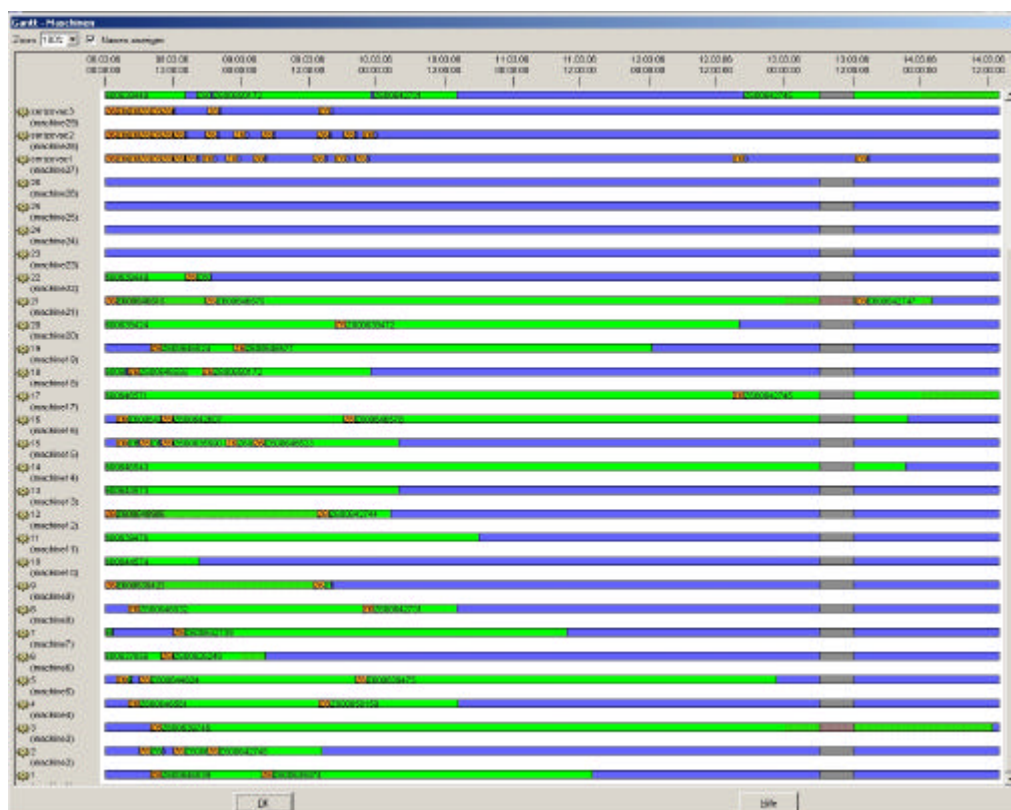
diagram). Tento výsledek lze opět exportovat do tabulkového procesoru.



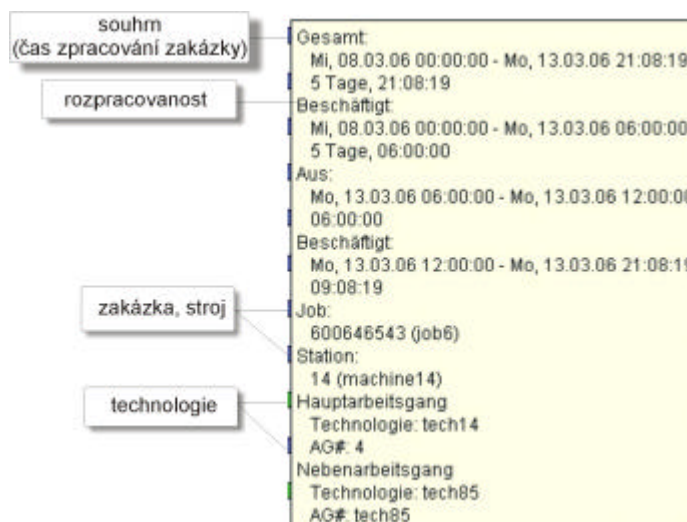
obr. 21 - simulací model lisovny plastu

Na obr.22 je výsledný Ganntuv diagram. Z toho diagramu dostaneme i podrobné informace o zakázkách (viz obr.23).





obr.22 - Ganntuv diagram pro lisovnu plastu

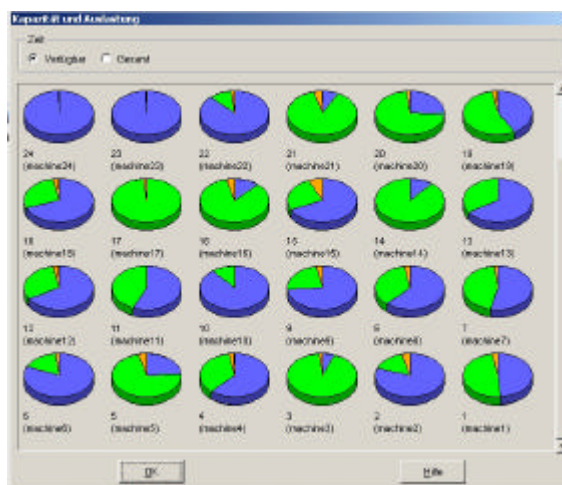


obr.23 – detailní informace o zakázce v Ganntove diagramu

V rámci simulace se zohlednily tyto požadavky od ABB:

- Každý materiál se vyrábí na forme, při výměně formy se musí počítat se serížením 2 hodiny.

- Prestavby forem se delají minimálně, mají vždy druhou formu, která je prestavena (prestavba je pro životnost formy nevhodná), tudíž se prestavby forem v projektu nerešili.
- Pokud stroj je v poruše vždy je v záloze náhradní stroj. Vždy se musí počítat že lidská kapacita na lisovne je 7 operátoru na smenu (jde o jednostrojovou i vícestrojovou obsluhu). Po 24 hodinách se zakázky aktualizují. Pokud zakázka není uzavřena z důvodu jiné zakázky, která má větší prioritu, řeší po konzultaci logistika tak, že vytvoří novou zakázku na počet kusu které chybí do konce této zakázky.
- Lisovna má tři serizovace na smenu, simulace zohledňuje kolize serizovacu (nedochází k prehazování forem soucasne).
- Simulace zohledňuje lidskou kapacitu. Lisovnu plastu obsluhuje 7 operátoru.
- Plánování je na 1 týden, maximálně 14 dní.
- Pri konečném rozdelování zakázek dodržují termíny.



obr.24 - kapacita a využití stroju

Na obr.24 je kapacita a využití stroju. Tento výstup nám může pomoci k rychlému zhodnocení simulace.

### **6.7.3 Porovnání současného a navrhovaného řízení zakázek**

V současné době, probíhá plánování toku zakázek bez podpory simulacního systému. Nedochází k optimalizaci řazení zakázek. Při současném plánování dochází k situacím kdy se zakázky lisují ze zpožděním. Není plánováno serizování ani obsluhy.

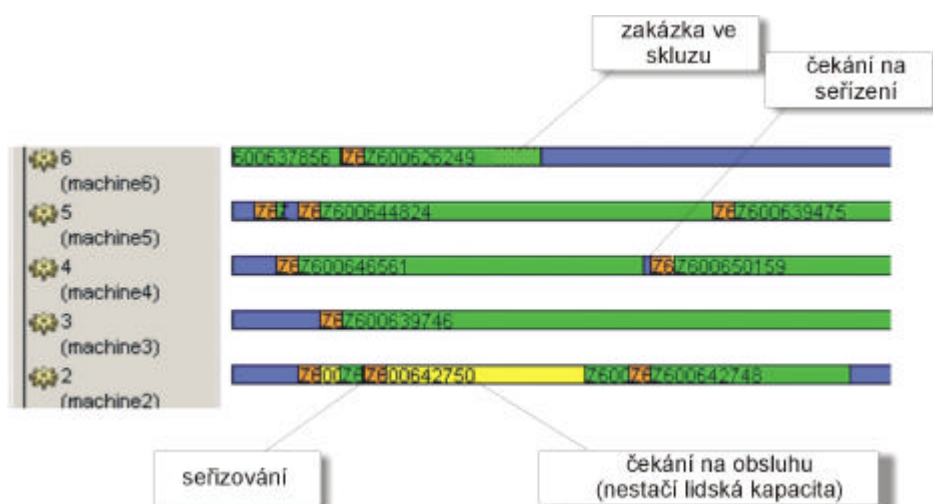
Príciný a dusledky:

Pri velké variabilite zakázek v plánování na jednotlivé stroje je krátký čas na ovlivnění řazení zakázek na jednotlivá pracoviště.

Současný způsob řazení zakázek má malou informační hodnotu. Výstupem nejsou grafická ani statistická data.

Tento způsob neumožňuje racionální prognózy do budoucna. Následuje například nedostatek materiálu pro výrobu, nebo pretížení kapacity skladu.

Využitím počítačové simulace je možné dosáhnout podstatné zkrácení doby plánování, jež je časovou úsporou nejen ve výrobě. Kromě úspory času se může přihlídnout ke kolizím omezených kapacit (viz obr.25) a podpora rozhodování.



obr.25 – Výrez z Ganntova diagramu

Počítačová simulace umí ve velmi krátké době vyhodnotit a vypočítat v rámci celé simulace situaci, kdy je potřeba zaplánovat zakázku na jinou technologii. Při ručním zaplánování není většinou v možnostech pracovat se všemi zakázkami najednou. Na základě počítačové simulace se mohou zvážít různé varianty řešení a tím i výrazně optimalizovat výrobu.

Simulace je vhodným nástrojem k rozvrhování zakázek ve výrobě a může výrazně podpořit práci operativních plánovacu a to jak svými vlastnostmi, tak i rychlostí nalezení optimálního řešení (celý simulací experiment může trvat v závislosti na rozsahu rádově několik minut).

## 7 Závěr

Tato práce se zabývá možnostmi využití moderních simulacních technologií pro podporu rozhodování operativních plánovaců a mistrů.

Řešení projektu:

Z měsíčního plánu se vybrala oblast zakázek (týden, 14 dnu).

Seskupili se zakázky se stejnými parametry (formy) a vytvořili se technologie.

Jednotlivé zakázky se zaplánovali spuštěním simulace na dané technologie, serizování a obsluhy.

Po proběhnutí simulace se zakázky opět rozdělili podle barev od nejsvětlejší barvy po nejtmavší

Výsledky simulace poskytují řadu důležitých informací o procesu, jako jsou:

- detailní přehled o zakázkách s přihlédnutím k dostupnosti zdroje (včetně informací o zakázkách ve skluzu, čekání ve frontě na zpracování, aj.)
- termíny serizování
- využití jednotlivých zdrojů
- informace o úzkých místech a kolizních stavech, apod.

Z výsledku je možné navrhnout případné změny v pořadí či velikosti zakázek a tím optimalizovat pořadí zakázek vzhledem k termínům odvádní či rovnoměrnější vytížení pracovišť, optimalizovat velikost skladu, plánovat údržbu, apod. Plán výroby, přihlíží k omezeným zdrojům a konfliktním situacím. Tyto výsledky lze využít i pro další optimalizaci výrobního procesu.

Simulační model je možno rozšířit rovněž o sledování stavu zásob materiálu a množství vyrobených kusů v expedici skladu.

Tímto je optimalizován proces od vstupu materiálu po expedici lisovny plastu.

Další výrazným rysem simulacního systému Simcron MODELLER je rychlost, což umožňuje ve velmi krátké době vyzkoušet a zvážit různé varianty řešení.

Stručné shrnutí možností využití simulace:

Integrace do ERP systému– umožňuje plánovat omezené zdroje a přihlíží k případným kolizím - vytvoření reálných výrobních plánů

Využití na úrovni dílenského řízení zejména pro podporu rozhodování odpovědných pracovníků. Jedná se o nástroj, který podporuje plánování a umožňuje rozhodovat na základě simulacního modelu.

## 8 Seznam použité literatury

- [1] Molnár, Z.: *Počítačem integrovaná výroba – CIM*. CVUT, Praha 1996
- [2] Tomek, G.- Vávrová,V.: *Rízení výroby*, Grada Publishing, Praha 2000
- [3] Gregor, M. a kol.: *Dynamické plánovanie a riadenie výroby*, ŽU 2000
- [4] Gregor, M. a kol.: *Simulácia systémov*, Vysoká škola dopravy a spojov v Žiline, 1992
- [5] Danek, J.: Využití simulace jako inženýrského nástroje během životního cyklu výrobku a procesu, <http://www.humusoft.cz/>. Cerven 2002
- [6] Košturiak J.: Praktické skúsenosti s využitím simuláci, <http://www.humusoft.cz/>. Brezen 2002
- [7] Danek, J.: *Využití simulacních modelu pro optimalizaci logistických retezcu*, <http://www.humusoft.cz/>. Kveten 2001
- [8] Simeonov, S.: SIMPLAN – SIMulacní a PLÁnovací systém, *Technika a trh* r.1996, c.3
- [9] Šrámek, M.: *Studie možností využití počítačové simulace při řízení zakázek ve firmě TRW Automotive Frýdlant v Cechách*. Technická univerzita v Liberci, Katedra výrobních systému; Liberec 2003 [Diplomová práce]
- [10] Kavan M.: *Výrobní a provozní management*,Grada Publishing, Praha 2002
- [11] IPA Slovakia, <http://www.ipaslovakia.sk/>. Brezen 2006
- [12] Habán, J. – Sodomka, P.: *Analýza českého APS/SCM trhu*, <http://www.cvis.cz/>. Říjen 2004
- [13] Manlig, F. – Šrámková, P. – Vavruška, J. *Studie možností využití počítačové simulace při plánování výrobních zakázek v podniku ABB a. s. Jablonec n. N.*, Technická univerzita v Liberci, Katedra výrobních systému; únor 2006 [technická zpráva]

### Poděkování:

Na tomto místě bych chtěla poděkovat především vedoucímu své diplomové práce, panu Doc. Dr. Ing. Františku Manligovi a Ing. Martinu Šrámkovi za odborné vedení, podporu, cenné připomínky, čas a trpělivost, dále pak všem pracovníkům ABB s.r.o., Elektro - Praga, kteří se na tomto projektu podíleli a také odborným pedagogům Katedry výrobních systémů za pomoc a čas, který mi venovali a především svým rodičům a přátelům, za jejich podporu.